

ESTIMACIÓN DE VALORES DIARIOS DE PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURAS EN LA CUENCA DEL PLATA: REDUCCIÓN DE ESCALA ESTADÍSTICA

M. Laura BETTOLLI^{1,2}, Olga C. PENALBA¹, Jaime RIBALAYGUA³, Luis TORRES MICHELENA³

¹*Laboratorio de Extremos Climáticos, Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos. FCEN. UBA, Argentina*

²*Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, CONICET, Argentina*

³*Fundación para la Investigación del Clima, Madrid, España*

bettolli@at.fcen.uba.ar; penalba@at.fcen.uba.ar; fic@ficlima.org

RESUMEN

La Cuenca del Plata, ubicada en el sur de Sudamérica, es la tercera cuenca del mundo por su magnitud. La economía de los países que la conforman depende de la agricultura y la producción hidroeléctrica, sectores que son fuertemente afectados por la variabilidad climática. De manera que es necesario disponer de información climática en escalas que van de la local a la regional a fin de realizar proyecciones a mediano y a largo plazo. En este contexto, en este trabajo se estimaron valores diarios de temperaturas máxima y mínima y la precipitación a escala local en la región de interés, a partir de la información de la circulación atmosférica de gran escala. Para ello se utilizó un método de reducción de escala estadística en dos pasos a fin de estimar las variables climáticas de alta resolución. Los resultados de la validación muestran que la técnica de reducción de escala utilizada tiene un buen desempeño en la región de estudio en escala temporal estacional y anual. Asimismo, el método muestra una capacidad apropiada para reproducir la variabilidad interanual de las variables analizadas.

Palabras clave: Reducción de Escala Estadística, Temperaturas Máximas y Mínimas Diarias, Precipitación Diaria; Cuenca del Plata

ABSTRACT

La Plata Basin, located in southern South America, is the third basin worldwide considering its extent. The region economic wealth depends on agriculture and hydropower production. These sectors are strongly affected by climate variability. Therefore, it is necessary to have climatic information at local to regional scales in order to prospect possible climate evolution at mid- and long- term. In this context, daily maximum and minimum temperatures and precipitation values were estimated at the local scale using information from large-scale circulation information. For this purpose, a two step statistical downscaling method was used to estimate high-resolution variables. Validation results as a whole show that the downscaling performance is good enough to estimate seasonal and annual mean values and temporal variability of precipitation and maximum and minimum temperatures.

Key words: Statistical Downscaling, Daily Maximum and Minimum Temperatures, Daily Precipitation, La Plata Basin

1. INTRODUCCIÓN

La Cuenca del Plata, ubicada en el sur de Sudamérica, es la tercera cuenca del mundo por su magnitud. En términos socioeconómicos genera alrededor del 70% del Producto Bruto Neto de los cinco países que la integran (Argentina, Bolivia, Brasil, Paraguay y Uruguay), con una población de más de 100 millones de habitantes. La economía de los países que la conforman depende fuertemente de la agricultura y la producción hidroeléctrica. En particular, esta región es escenario de frecuentes situaciones extremas hídricas (excesos o déficits) y/o térmicas (olas de calor y frío) en algunos casos persistentes, las cuales tienen un impacto socio-económico importante. Su estudio desde el punto de vista climatológico, y el análisis de la circulación atmosférica asociada ayuda a su comprensión brindando herramientas para su pronóstico. De manera que es necesario disponer de información climática en escalas que van de la local a la regional a fin de realizar proyecciones a mediano y a largo plazo para el manejo de los recursos naturales y energéticos, especialmente frente a los cambios climáticos proyectados para la región durante el siglo XXI.

En la región de interés existen trabajos donde se analiza la circulación atmosférica y su efecto en las variables de superficie como primeras aproximaciones a la reducción de escala estadística. En este sentido se puede mencionar a RUIZ y VARGAS (1998, 2006) quienes estudiaron la asociación entre la vorticidad en 500 hPa y la ocurrencia de precipitación en distintas ciudades distribuidas a lo largo de Argentina. RUIZ *et al.* (1999) estudiaron la relación entre distintas variables de la troposfera media (altura geopotencial, viento geostrófico, vorticidad y advección de vorticidad en el nivel de 500 hPa) y la precipitación diaria en la ciudad de Buenos Aires durante el año 1986. SOLMAN y MENENDEZ (2003) realizaron una clasificación de las alturas geopotenciales de 500 hPa y analizaron su relación con la temperatura y precipitación en distintas regiones de Argentina. BISCHOFF y VARGAS (2003) clasificaron la circulación diaria con el método de Lund en 500 y 1000 hPa y analizaron su asociación con condiciones climáticas extremas de precipitación y temperatura sobre el sur de Sudamérica. BETTOLLI (2007) realizó una clasificación objetiva de los campos de altura geopotencial de 1000 y 500 hPa y estudió su relación con la precipitación en la Pampa Húmeda.

Sin embargo, en términos de estimaciones de valores locales de variables de superficie en base a información de gran escala, la bibliografía encontrada todavía es escasa. En este contexto, puede citarse el trabajo de SOLMAN y NUÑEZ (1999) quienes realizaron una reducción de escala estadística de valores mensuales de temperaturas máxima, mínima y media utilizando regresiones múltiples paso a paso. En otras regiones de Sudamérica, GUTIERREZ *et al.* (2005) utilizaron la técnica de 'self-organizing maps' para la reducción de escala estadística de la precipitación local en Perú.

En este contexto, el objetivo de este trabajo es estimar valores diarios de temperaturas máximas y mínimas y precipitación a escala local de la región de la Cuenca del Plata, a partir de la información de la circulación atmosférica de gran escala, mediante metodologías de reducción de escala estadística. Para ello se propone un método de reducción de escala en dos pasos, ya

validado para España (www.ficlina.org), con el fin de estimar las variables meteorológicas de alta resolución (precipitación y temperaturas máximas y mínimas diarias) en la región de la Cuenca del Plata a partir de los campos de reanálisis.

2. DATOS Y METODOLOGÍA

2.1. Datos

Para llevar a cabo este trabajo se utilizaron dos conjuntos de datos. Por un lado, se utilizaron datos diarios de precipitación y temperaturas máxima y mínima provenientes del Servicio Meteorológico Nacional de Argentina como información de escala local. La ubicación de las estaciones meteorológicas utilizadas para ambas variables se muestran en la Figura 1a) y b).

Por el otro, como variable de gran escala se utilizó la altura geopotencial en tres niveles, 1000, 850 y 500 hPa, de los campos seis-horarios de los reanálisis ERA 40. El dominio elegido se extiende desde $20^{\circ} 15' S$ a $55^{\circ} 7' 30'' S$ y $84^{\circ} 22' 30'' O$ a $42^{\circ} 37' 30'' O$ (Figura 1,c)). Dicho dominio abarca tanto el Océano Pacífico como el Atlántico y la cordillera de los Andes, los cuales tienen una alta influencia en la circulación atmosférica sobre Sudamérica. En base a la información del geopotencial se calcularon campos medios diarios y se derivaron los campos de viento geostrófico en 1000 y 500 hPa como así también los campos de espesores 1000/850 hPa y 1000/500 hPa. El geopotencial fue la variable elegida para realizar este trabajo debido a que contiene implícitamente información dinámica y termodinámica de la región en cuestión. Al mismo tiempo es una de las variables simuladas con mayor fiabilidad por los Modelos de Circulación General.

Ambos conjuntos de datos de referencia (de superficie y altura) cubren el período 1960-2000 (14974 días).

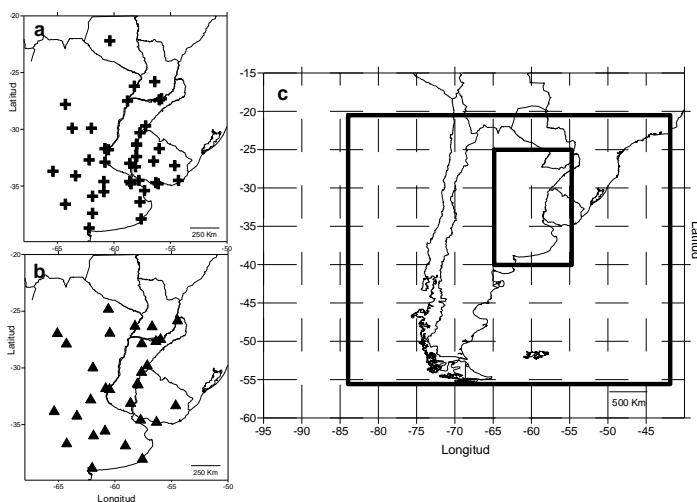


Fig.1: Ubicación de las estaciones meteorológicas utilizadas para las bases de temperaturas máxima y mínima (a) y precipitación (b). Dominio de los reanálisis ERA 40 (c, recuadro exterior).

2.2. Metodología

Se utilizó un método de reducción de escala estadística en dos pasos a fin de estimar las variables meteorológicas de alta resolución en la región de la Cuenca del Plata a partir de los campos de reanálisis. En el primer paso se utiliza la técnica de campos análogos (ZORITA *et al.*, 1995) con el fin de seleccionar los “n” días más similares cada día en función de los campos de altura de los reanálisis. En este trabajo se utilizaron 30 análogos (n=30). El segundo paso consiste en la estimación de los valores diarios de temperaturas máxima y mínima y precipitación teniendo en cuenta la información contenida en los campos análogos de cada día. Ambas variables requieren distintos procedimientos de estimación. Para las primeras se utiliza la técnica de regresión lineal múltiple stepwise considerando los espesores 1000/500 hPa y 1000/850 hPa de las 6 UTC para la temperatura mínima y de las 18 UTC para la temperatura máxima. Adicionalmente se tuvo en cuenta la información de otros factores como el efecto de memoria del suelo y el factor estacional.

La estimación del valor de precipitación para cada día se realiza con dos procedimientos distintos: a) calculando el promedio de los valores de precipitación de los 30 análogos de ese día ponderados por las distancias de los mismos. En general, este procedimiento estima satisfactoriamente los valores medios, sobreestimando la frecuencia de días de lluvia y subestimando los valores extremos. Para mejorar la estimación de los valores de precipitación extrema y el número de días de lluvia: b) se construyen las distribuciones de precipitación diaria teniendo en cuenta la información de los 30 análogos y sus pesos (inversamente proporcionales a la distancia) para cada día.

3. RESULTADOS

3.1. Temperaturas Máxima y Mínima

Como primera aproximación a la validación del método estadístico se realiza una comparación entre los campos de temperatura estimados y observados en escala estacional y anual. En la Figura 2 se presenta la distribución espacial de los valores de temperatura máxima media estimados y observados, calculados en base a la distribución de valores diarios. En términos generales puede observarse que la distribución espacial está representada en todos los casos, tanto en la disposición de las isolíneas como en el gradiente de temperatura. En la tercera columna de la Figura 2 se presentan los campos diferencia, calculados como los valores estimados menos los observados. El patrón de estimación varía según el período considerado. Puede observarse que los valores de temperatura máxima media son sobreestimados en el campo anual y en la época invernal, alcanzando en esta última como máximo sobreestimaciones del 6.6 %. Las menores diferencias se encuentran durante el otoño.

Como en el caso de la temperatura máxima media, la distribución espacial de la temperatura mínima media también está representada en los distintos períodos considerados (Figura 3, primera y segunda columna). Los patrones espaciales de las estimaciones coinciden satisfactoriamente con aquellos de las observaciones. Asimismo, los gradientes horizontales también tienen una buena representación. Las menores diferencias entre los campos estimados y observados se vuelven a observar en otoño (Figura 3, tercera columna). En términos generales, los valores son sobreestimados por el método en gran parte de la región.

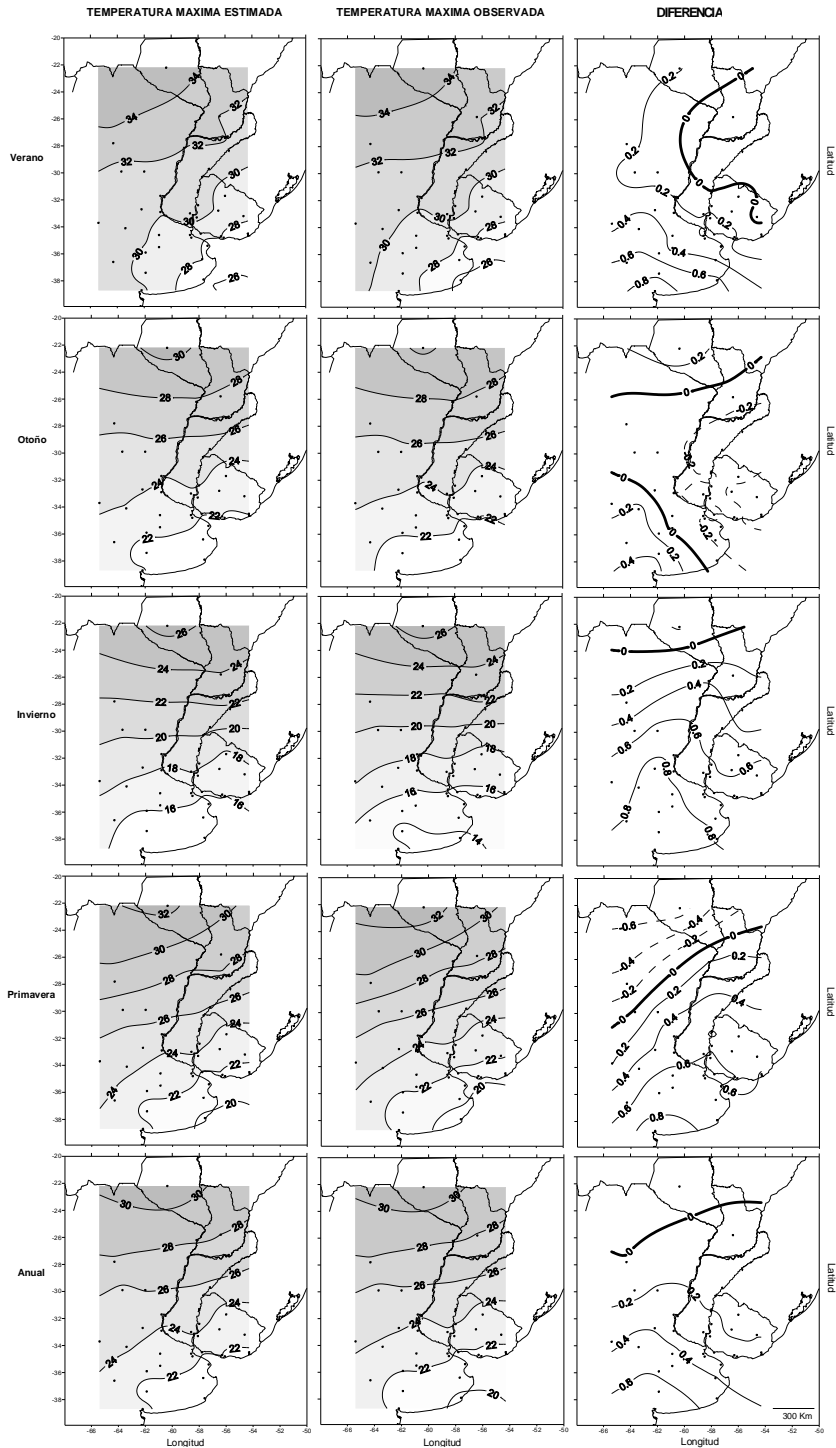


Fig. 2: Campos espaciales de la temperatura máxima media estacional y anual estimados (primera columna), observados (columna central) y campos diferencia (tercera columna).

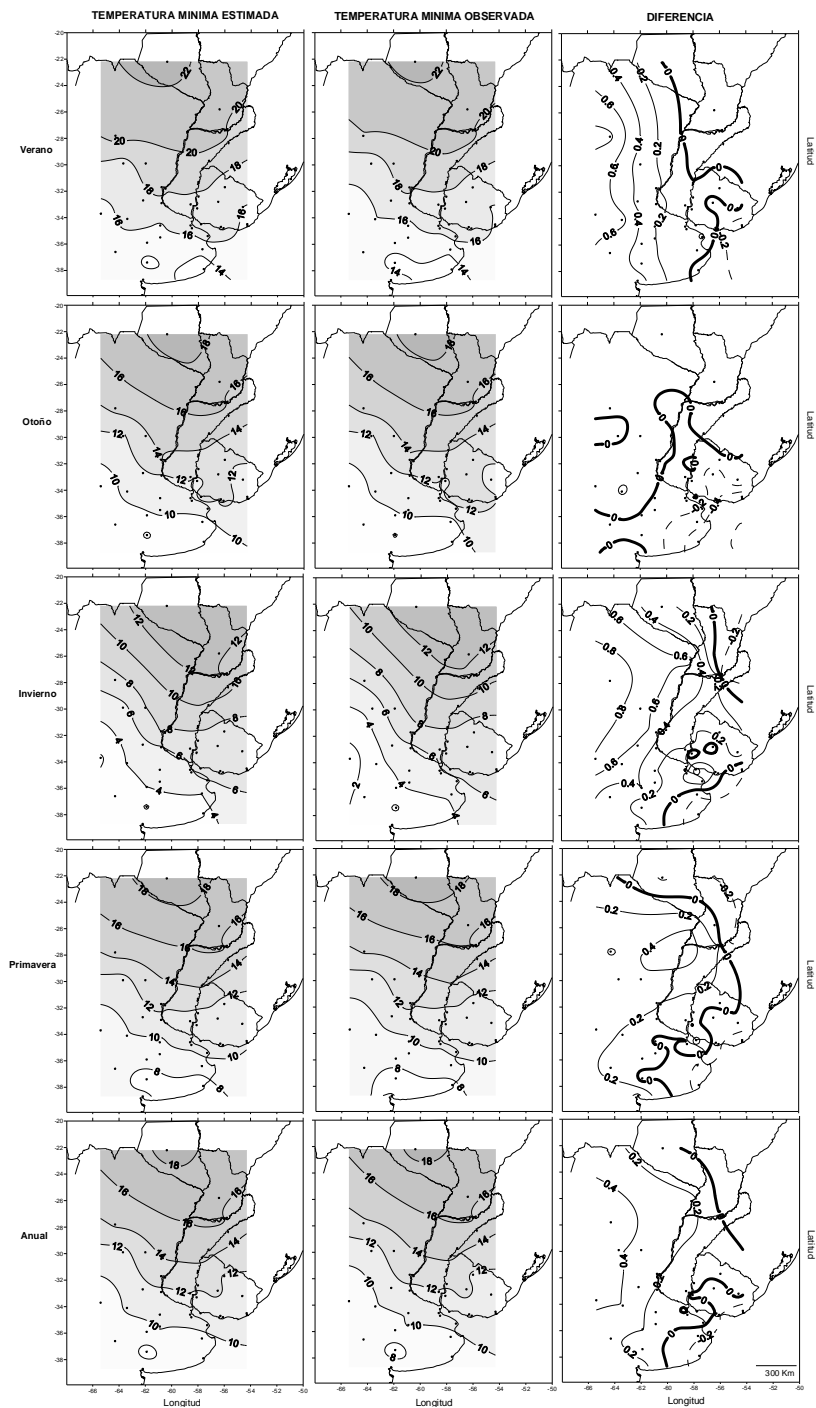


Fig. 3: Campos espaciales de la temperatura mínima media estacional y anual estimados (primera columna), observados (columna central) y campos diferencia (tercera columna).

Para una eficaz habilidad del método no sólo la distribución espacial de las estimaciones debe ser apropiada sino también la variabilidad temporal. Por ello, se analizaron las series temporales de las estimaciones estadísticas de las temperaturas máxima y mínima media comparadas con las observaciones. A modo de ejemplo, en la Figura 4 se muestran las series temporales de temperaturas máxima y mínima media de verano para Corrientes (27.5°S, 58.8°O) y Marcos Juárez (37.2°S, 62.2°O). En esta figura se puede observar que la variabilidad interanual es capturada por el método estadístico así como también los valores extremos de las mismas, especialmente para las temperaturas mínimas.

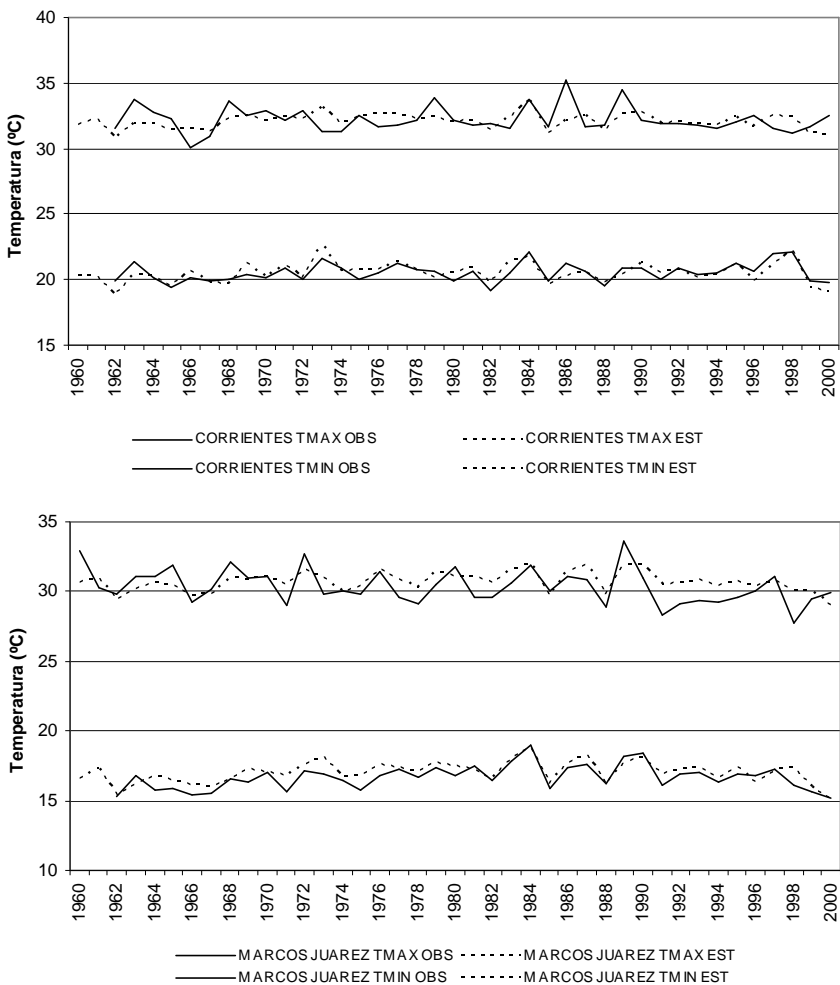


Fig. 4: Evolución temporal de las estimaciones estadísticas de las temperaturas máxima y mínima media de verano comparadas con las observaciones de las estaciones Corrientes (27.5°S, 58.8°O) y Marcos Juárez (37.2°S, 62.2°O).

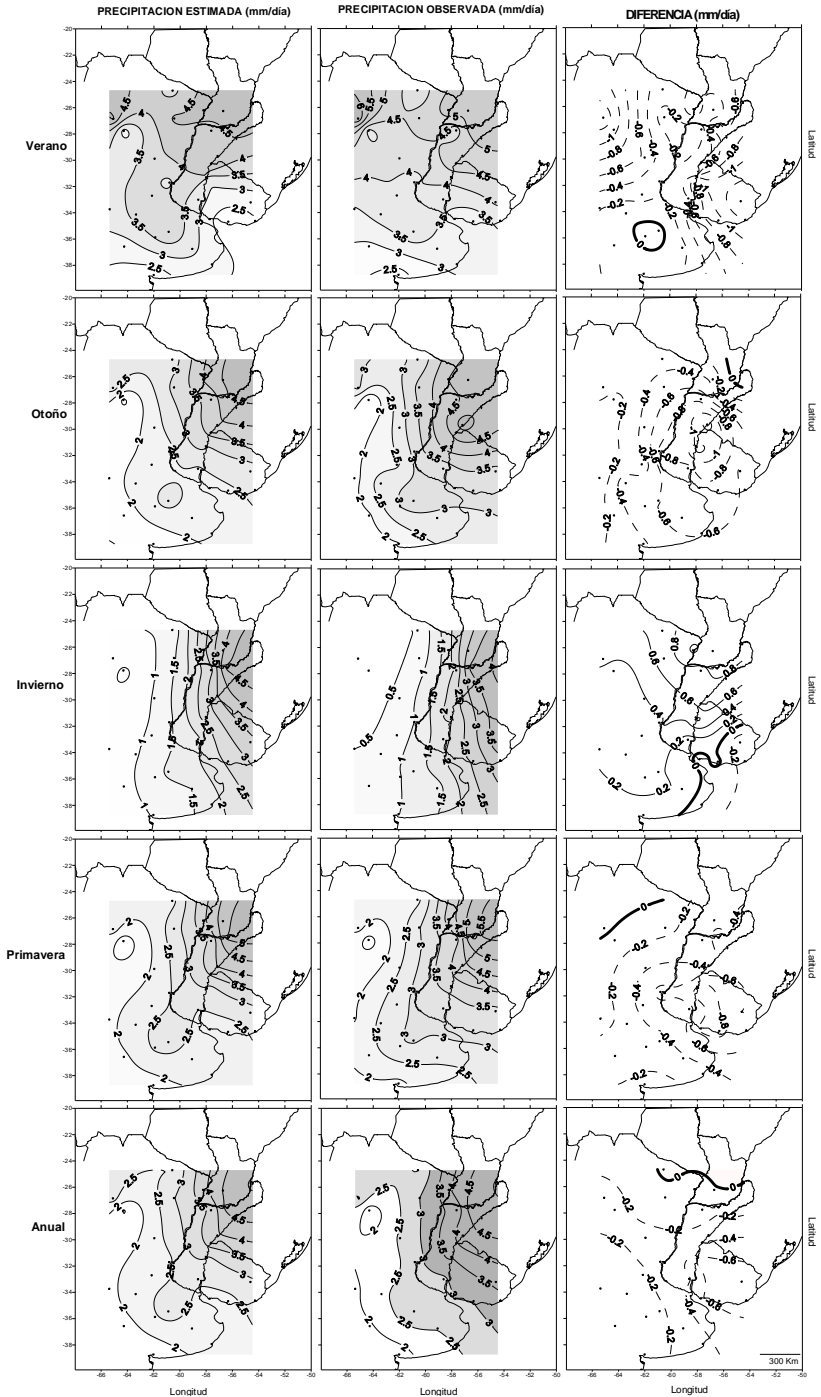


Fig. 5: Campos espaciales de la precipitación diaria (en milímetros por día) estacional y anual estimados (primera columna), observados (columna central) y campos diferencia (tercera columna).

3.2. Precipitación

De la misma manera que se procedió con las temperaturas extremas, se analizó el desempeño del método para representar los campos espaciales de la precipitación diaria. En la Figura 5 se muestran estos campos de precipitación, en milímetros por día, en escala estacional y anual calculados con el método b) (ver el punto 2.2. Metodología). En la tercera columna se presentan los campos diferencia entre ambos. En términos generales, la disposición espacial de los campos estimados concuerda con los observados para todos los períodos analizados. En los campos diferencia se puede observar que el método estadístico subestima los milímetros diarios de precipitación en todos los períodos excepto en invierno, donde la misma se sobreestima. Los patrones de circulación dominantes durante esta estación del año pueden estar siendo bien representados por los campos análogos y el método de estimación de la precipitación sobreestima el cálculo. Debido a que la influencia de la actividad de gran escala asociada a perturbaciones extratropicales es mayor en el invierno generando precipitaciones de origen frontal.

Es interesante destacar que durante el verano los campos diferencia muestran que la estimación de la precipitación es menor en la zona central de la región de estudio. Esto indica que, la precipitación diaria en esta zona, que tiene una fuerte influencia de procesos convectivos durante el verano (que en general no son bien representados por los predictores de gran escala), está siendo representada satisfactoriamente por el método estadístico. Hacia el noroeste de la región las diferencias aumentan debido probablemente a que la lluvia va tomando un carácter termo-orográfico. En las estaciones de transición (otoño y primavera) se observan patrones similares en los campos diferencia, con un núcleo de mayores valores en la región mesopotámica.

4. CONCLUSIONES

En general, los resultados de la validación muestran que la técnica de reducción de escala tiene un buen desempeño en la región de estudio en escala temporal estacional y anual. El método muestra una capacidad apropiada para estimar valores medios estacionales y anuales y la variabilidad temporal tanto para la precipitación como para las temperaturas máxima y mínima.

En base a estos resultados, se concluye que el método es lo suficientemente fiable para su aplicación a salidas de Modelos de Circulación General para estudios de cambio climático en la región. A pesar de ello, las investigaciones inmediatas incluyen estudiar distintas metodologías de reducción de escala estadística para reducir los errores e incertidumbres. Luego, se utilizarán estos procedimientos para escenarios climáticos del siglo XX y XXI. En particular, dentro del contexto del proyecto CLARIS LPB (A Europe-South America Network For Climate Change Assessment and Impact Studies in La Plata Basin) se utilizan el período 1960-1990 de las salidas históricas 20C3M y el escenario A1B en los horizontes temporales 2010-2040 y 2070-2100 para realizar también comparaciones y combinaciones con técnicas de reducción de escala dinámicas.

La predicción de los impactos del cambio climático y el diseño de las estrategias de adaptación para el uso de la tierra, la agricultura, el desarrollo rural, la producción hidroeléctrica, el transporte fluvial, los recursos de agua y los sistemas ecológicos es un desafío para el futuro de la región.

5. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue solventado por los proyectos de la Universidad de Buenos Aires X135, X170 y X605, BID 1728/OC-AR-PICT 38273, CLARIS Project (European Commission Project 001454) y CLARIS LPB.

6. REFERENCIAS

- BISCHOFF, S.A.; VARGAS, W.M. (2003). "The 500 and 1000 hPa weather type circulation and their relationship with some extreme climatic conditions over Southern South America". *Int J Climatol* 23: 541-556
- BETTOLLI, M.L.(2007). *Climatología de campos diarios de altura geopotencial en relación con la precipitación en la Pampa Húmeda. Aproximación de una asociación clima-cultivo*. Tesis Doctoral, Universidad de Buenos Aires.
- GUTIERREZ, J. M.; CANO, R.; COFINO, A.S.; SORDO, C. (2005). "Analysis and downscaling multi-model seasonal forecasts in Perú using self-organizing maps". *Tellus A* 57 (3), 435-447
- RUIZ, N.E.; VARGAS, W.M. (2006). A local precipitation downscaling approach. Proceedings of 8 ICSHMO, Foz do Iguaçu, Brazil, April 24-28, 2006, INPE, p. 599-606.
- RUIZ, N.E.; VARGAS, W.M. (1998). "500 mb Vorticity Analyses over Argentina: Their Climatology and Capacity to Distinguish Synoptic-scale Precipitation". *Theor Appl Climatol* 60: 77-92
- RUIZ, N.E.; VARGAS, W.M.; CIAPPESONI, H.H. (1999). "Mid-troposphere variables and their association with daily local precipitation". *Meteorol Appl* 6: 273-282
- SOLMAN, S.A.; MENENDEZ, C.G. (2003). "Weather regimes in the South American sector and neighbouring oceans during winter". *Clim Dyn* 21: 91-104
- SOLMAN, S.A.; NUÑEZ, M.N. (1999). "Local estimates of global climate change: a statistical downscaling approach". *Int. J. Climatol.* 19:835-861
- ZORITA, E.; HUGHES, J.P.; LETTEMAIER, D.P.; VON STORCH, H. (1995). "Stochastic characterization of regional circulation patterns for climate model diagnosis and estimation of local precipitation". *J. Clim* 8:1023-1042